

PENENTUAN LOKASI PERGERAKAN MAGMA GUNUNG API SOPUTAN BERDASARKAN STUDI SEBARAN HIPOSENTER GEMPA VULKANIK PERIODE MEI 2013 – MEI 2014

Sepry Dawid¹⁾, Ferdy¹⁾, Guntur Pasau¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika FMIPA Universitas Samratulangi Manado
e-mail: sepry.dawid@gmail.com; fsagita12@yahoo.com; pasaujunior@gmail.com

ABSTRAK

Gunung api Soputan merupakan gunungapi type strato yang aktif hingga saat ini. Aktifitasnya diduga dimulai pada masa plistosen bawah (kurang lebih 1,8 juta tahun yang lalu). Gempa vulkanik merupakan gempa yang terjadi akibat aktivitas gunungapi. Hal ini disebabkan oleh pergerakan magma ke atas di dalam gunungapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui letak hiposenter gempa vulkanik serta mengetahui letak pergerakan magma Gunung Soputan. Prinsip dari penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data gempa vulkanik periode Mei 2013 – Mei 2014 yang berupa data sekunder dari hasil rekaman (seismogram) Gunung Soputan pada 3 stasiun seismometer yaitu stasiun Aesoput, Winorangan, dan Silian. Data gempa diolah dengan menggunakan software seismologi yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi hiposenter gempa vulkanik Gunungapi Soputan menyebar pada daerah kubah lava dan cenderung kearah barat laut, dengan kedalaman 100 m — 8000 m di bawah kubah lava. Dari hasil analisa hiposenter diketahui terjadi pergerakan magma oleh gempa vulkanik dalam (VA), hal ini disebabkan posisi hiposenter yang naik menuju kubah lava.

Kata Kunci: Gunung Soputan, Hiposenter, dan Pergerakan Magma

ABSTRACT

Soputan volcano is strato volcano that active till today. Its activity supposed began at down *Pleistocene* (1,8 million years ago). Volcanic earthquake is one of matter that caused by volcano. This happened because magmatic movement inside volcano. This research aimed to know location of hypocenter also to know location of magmatic movement Soputan volcano. Principles from this research is conducted by analyzing volcanic earthquake data at May 2013 to May 2014 that consist secondary data from recording data (seismogram) volcano Soputan on 3 stations seismometer are Aesoput station, Winorangan, and Silian. The earthquake data processed using seismologic software. Result research shows that distribution of hypocenter volcanic earthquake soputan volcano scattered at lava dome area and inclined to northwest, that located on depth 100 m to 8000 m from lava dome. Result from hypocenter analyse to find a magmatic movement by deep volcanic earthquake (VA), this happened because position of hypocenter up movement to lava dome.

Keywords: Mount Soputan, Hypocenter, and Magmatic Movement

PENDAHULUAN

Gunung Soputan merupakan salah satu dari 129 Gunung api aktif yang berada di Indonesia, tepatnya berada di provinsi Sulawesi Utara. Gunung yang diukur dari jarak dekat berjarak sekitar 50 kilometer disebelah baratdaya-selatan kota Manado ini, tercatat mengalami letusan terakhir pada tahun 2012.

Menurut (Basuki dkk, 2007) perubahan struktur deformasi dimana terjadinya inflasi pada Gunung soputan di sebabkan oleh magma yang naik ke permukaan. Untuk memantau aktivitas kegempaan vulkanik terdapat empat stasiun seismik yang dipasang di sekitar Gunung Soputan.

Data yang diterima dari keempat stasiun seismik berupa rekaman sinyal

gelombang yang dicatat melalui alat seismograf. Rekaman sinyal gelombang seismik ini merupakan informasi gejala aktivitas Gunung Soputan, khususnya adalah informasi mengenai frekuensi gempa vulkanik dan hiposenter (sumber gempa dalam bumi). Pada tahun 2013 ini aktivitas seismiknya masih berlangsung. Gunung Soputan memiliki karakteristik erupsi bersifat eksplosif Vulkanian dan manifestasi eksplosifnya berupa aliran awan panas, lontaran bom vulkanik (material pijar), aliran lava, dan abu serta pertumbuhan kubah lava. Menurut (Wittiri dan Haerani, 2010) gejala awal letusan Gunung api di dahului oleh meningkatnya gempa vulkanik dalam dan diikuti oleh terekamnya gempa vulkanik dangkal dimana fenomena tersebut menerangkan bahwa tekanan fluida magma berangkat dari suatu kedalaman (kantong magma bagian dalam) bergerak keatas menerobos lapisan batuan penutup sehingga mengakibatkan terjadinya letusan.

Gempa volkano-tektunik (VT) memerlukan medium yang solid dan bisa patah (*brittle*) sehingga zona-zona tidak terdapat hiposenter dianggap zona yang lembek (duktil) karena pengaruh suhu tinggi magma. Dalam proses perjalanan menuju ke permukaan magma memasuki zona tampungan magma, dapat disebut sebagai kantong magma atau dapur magma bila ukurannya lebih besar (Rosmiyatin dan Abdul Basid, 2012).

Munculnya gempa vulkanik dalam (VA) yang cukup banyak, hal ini diduga berasosiasi dengan naiknya magma ke permukaan (Kristianto dan Solihin, 2007). Penelitian mengenai pergerakan magma telah dilakukan di beberapa Gunung api lain di Indonesia, seperti penelitian mengenai Penentuan Sebaran Hiposenter Gunung Merapi, Berdasarkan Data Gempa Vulkanik Tahun 2006 dimana menyimpulkan bahwa perubahan posisi hiposenter dan arahnya menuju ke permukaan mengindikasikan adanya pergerakan magma menuju kawah.

Berdasarkan sejarah letusannya, Gunung Soputan mengalami perubahan titik letusan yang mulanya dari tahun 1845 terjadi di kawah puncak berubah tahun 1901 hingga tahun 1915 terjadi pada kawah samping (Aesoput) dan kembali terjadi letusan di kawah puncak pada tahun 1991 hingga sekarang dan membentuk kubah lava pada

tahun 2012 dan saat ini pertumbuhannya smakin meningkat.

Untuk memprediksi letusan berikutnya, pengamatan secara visual masih belum bisa memprediksi terjadinya letusan karena magma berada dalam internal bumi dan pergerakannya belum diketahui. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui pergerakan magma ke permukaan adalah dengan menentukan dan menganalisa sumber gempa. Berdasarkan hal inilah perlu adanya riset mengenai penentuan lokasi pergerakan magma Gunung Soputan melalui studi sebaran hiposenter.

Gunung Soputan



Gambar 1. Gunung Soputan
(<http://www.soputan.bgl.esdm.go.id>)

Gunung Soputan merupakan Gunung api strato yang terletak pada posisi geografis $1^{\circ}06'30''$ LU dan $124^{\circ}44'00''$ BT dengan ketinggian 1784 m dpl. Secara administratif berada di Kabupaten Minahasa Selatan dan Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan bentuk morfologinya Gunung Soputan dan sekitarnya dapat dikelompokkan ke dalam tiga satuan morfologi yang meliputi satuan morfologi tubuh Gunung api, satuan morfologi perbukitan dan morfologi dataran (Basuki dkk, 2007):

Menurut catatan sejarah aktivitas letusan Soputan umumnya bersifat eksplosif dengan pusat kegiatan di puncak. Tercatat beberapa kejadian aliran lava, awan panas, dan pertumbuhan kubah lava. Pada saat ini Soputan memiliki endapan abu di lereng sebelah Timur dan Tenggara, apabila terjadi hujan lebat akan mengakibatkan aliran lahar.

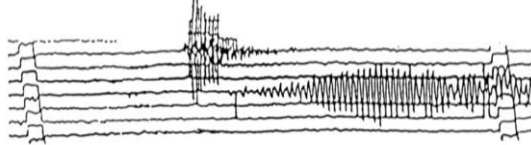
Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik adalah gempa yang disebabkan oleh kegiatan Gunung api. Magma yang berada pada kantong di bawah Gunung tersebut mendapat tekanan dan melepaskan enenrginya secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran tanah. Gempa bumi vulkanik terjadi karena adanya proses dinamik dari magma dan cairan yang bersifat *hidrotermal*, sehingga dapat dipakai sebagai tanda awal peningkatan aktifitas Gunung api.

Gempa Vulkanik Tipe A

Sumber dari tipe gempa ini terletak di bawah Gunung api pada kedalaman 1 km sampai 20 km, biasanya muncul pada Gunung api yang aktif. Penyebab gempa ini adalah adanya magma yang naik ke permukaan yang disertai rekahan-rekahan. Ciri utama dari gempa tipe ini mempunyai waktu tiba gelombang P dan S yang sangat jelas.

Gempa Vulkanik Tipe A

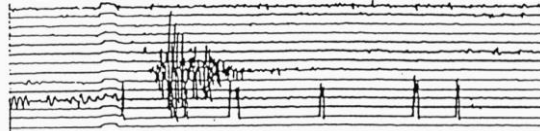


Gambar 2. Contoh rekaman gempa vulkanik tipe A

Gempa Vulkanik Tipe B

Sumber gempa vulkanik tipe B diperkirakan kurang dari 1 km di bawah Gunung api yang aktif. Gerakan awalnya cukup jelas dengan waktu tiba gelombang S yang tidak jelas dan mempunyai harga magnitude yang kecil.

Gempa Vulkanik Tipe B



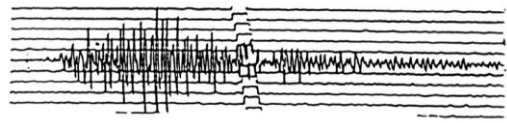
Gambar 3. Contoh rekaman gempa Vulkanik tipe B

Gempa Letusan

Merupakan gempa yang disebabkan oleh terjadinya letusan yang bersifat eksplosif. Berdasarkan hasil pengamatan seismik sampai saat ini dapat dikatakan bahwa gerakan pertama dari gempa letusan adalah *push-up* atau gerakan ke atas. Dengan kata lain, gempa letusan ditimbulkan oleh

mekanisme sebuah sumber tunggal yang positif.

Gempa Letusan



Gambar 4. Contoh rekaman gempa letusan

Gempa Tremor

Gempa tremor merupakan gempa yang terus terjadi di sekitar Gunungapi, jenis gempa ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Tremor Harmonik, getaran yang menerus secara sinusoidal. Kedalaman sumber gempa diperkirakan 5 km - 15 km.
2. Tremor Spasmodik, getaran terus menerus tetapi tidak beraturan. Sumber gempa bumi diperkirakan mempunyai kedalaman antara 45 km - 60 km.

Pengertian Gelombang

Gelombang adalah perambatan suatu energi, dari suatu tempat ke tempat lain sesuai dengan arah perambatannya. Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi yang disebabkan karena adanya deformasi struktur di bawah bumi akibat adanya tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisitasan bumi (Tjia, 1993). Dasar teori yang digunakan dalam pengamatan gempa adalah persamaan gelombang elastik (Lee, 1981) untuk media yang seismik isotropik yang dapat ditulis :

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x_i} + \mu \nabla^2 u_i \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

i = 1,2,3,..

$\theta = \sum \frac{\partial u_j}{\partial x_j} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$ = Perubahan

volume / dilatasi

ρ = Densitas (kg/m³)

U_j = Vektor Tegangan komponen ke-i

X_j = Komponen Sumbu Koordinat ke-i

t = Waktu (s)

λ = Konstanta Lamé

μ = Modulus Geser / Shear

$$\nabla^2 = \text{Laplasian} = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}$$

Menurut Poisson kecepatan gelombang P mempunyai kelipatan $\sqrt{3}$ dari kecepatan gelombang S. Harga tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$vp = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \text{ dan } vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \text{ maka :}$$

$$\frac{vp}{vs} = \sqrt{\frac{\lambda}{\mu} + 2}, \text{ ketika } \lambda = \mu \text{ maka } \frac{vp}{vs} = \sqrt{3}$$

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Pos Pengamatan Gunung Api Soputan dan Laboratorium Geofisika FMIPA UNSRAT dari bulan Maret – Juni 2015. Data yang digunakan adalah data seismik Gunung Soputan periode 2013 – 2014 yang berupa data digital. Dari data tersebut kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan software seismologi yang ada.

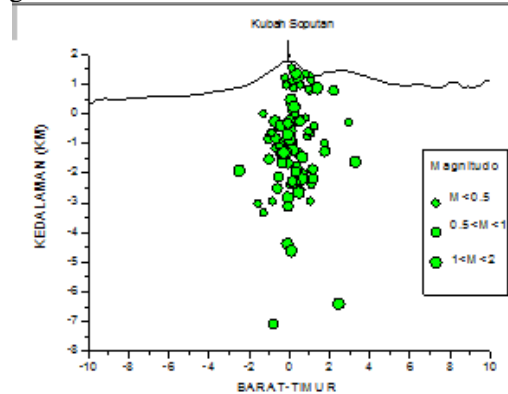
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala awal letusan Gunung Soputan dapat dilihat dari berbagai data yang menunjukkan peningkatan aktivitas. Salah satu data yang digunakan untuk melihat peningkatan aktivitas Gunung api adalah data seismik. Data gempa analog ditransmisikan dengan gelombang radio dari setiap stasiun seismik di lapangan menuju Pos PGA Soputan. Data diakuisisi dan menjadi data digital dengan sistem *earthworm* dan *argalite* serta disimpan dalam format *seisan* (.MAN). Data digital tersebut kemudian akan dikonversi ke format SAC untuk memudahkan proses pengelompokan dan pemilihan data yang akan dianalisis.

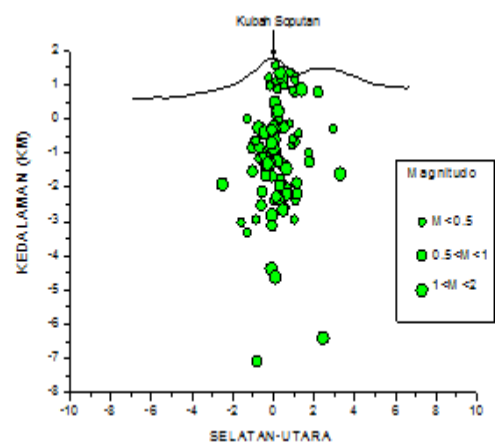
Dari data seismik vulkanik yang telah di konversi kemudian dikelompokkan untuk gelombang vulkanik A (vulkanik dalam) dan vulkanik B (vulkanik dangkal), sehingga data yang dikumpul diseleksi event gempa yang jelas pada semua stasiun dan seterusnya dilakukan proses penentuan waktu tiba gelombang P dan gelombang S.

Penentuan Hiposenter

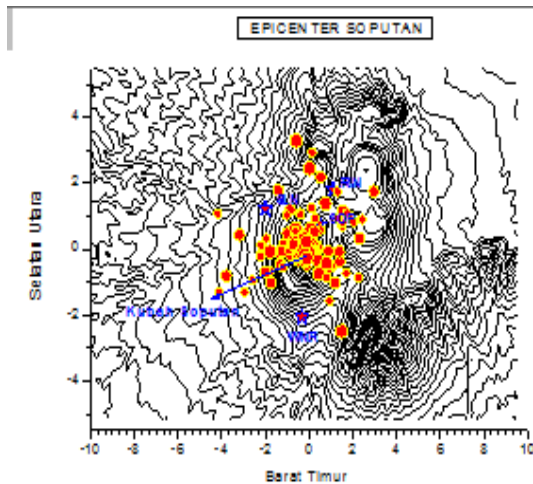
Data penentuan waktu tiba gelombang P dan S tersebut kemudian digunakan untuk menentukan perpotongan antar stasiun . Hasil dari penentuan titik perpotongan antar stasiun adalah dalam koordinat x, y, dan z . Koordinat x adalah longitude atau arah Barat - Timur, y adalah latitude arah Utara - Selatan sedangkan z sebagai kedalaman. Sehingga dalam hal penentuan posisi hiposenter dan episenter data yang akan di masukan adalah koordinat (x,y) untuk hiposenter arah Barat - Timur, koordinat (y,z) untuk hiposenter arah Utara – Selatan, koordinat (y,y) untuk episenter. Hasil yang diperoleh adalah berupa gambaran lateral dari hiposenter dan episenter gempa vulkanik tahun 2013/2014 yang menjadi acuan penelitian untuk kemudian dianalisis untuk menentukan lokasi pergerakan magma gunung Soputan. Seperti yang terlihat pada gambar 5, gambar 6, dan gambar 7.



Gambar 5. Hasil hiposenter Pada Penampang Barat – Timur



Gambar 6. Hasil Hiposenter Pada Penampang Utara-Selatan.



Gambar 7. Sebaran Episenter Gunung Soputan Mei 2013 – Mei 2014

Sebaran episenter menggambarkan pola migrasi magma pada daerah kubah lava yang cenderung menyebar pada daerah barat laut kubah Soputan yang kemudian dapat diartikan sebagai daerah zona lemah struktur internal dan sebagai daerah seismik vulkanik gunung Soputan.

Dari hasil penentuan waktu tiba gelombang P dan S, gempa vulkanik Gunung Soputan tahun 2013, pada pertengahan bulan Mei hingga awal Juni umumnya terekam di stasiun Silian (SLN) dengan kedalaman 258 m – 4,376 km di bawah permukaan laut. Pada bulan September umumnya gempa vulkanik terekam di stasiun Aesoput (SOP), dengan kedalaman sumber gempa antara 433 m – 3 km di bawah kubah lava. Sedangkan pada tahun 2014 pada umumnya gempa vulkanik terekam di stasiun Aesoput (SOP) dengan kedalaman hiposenter antara 126 m – 996 m di bawah kubah lava. Stasiun Aesoput (SOP) merupakan stasiun seismik yang berada dekat dengan puncak kubah lava. Maka dengan terekamnya gempa pada stasiun ini member arti bahwa gempa berada dekat dengan daerah puncak kubah lava hal ini juga dapat di buktikan dengan hasil yang diperoleh.

Berdasarkan (gambar 7) distribusi penyebaran lokasi hiposenter gempa-gempa vulkanik Gunung Soputan bulan Mei 2013 – Mei 2014 menyebar di sekitar kawah puncak/kubah lava dan cenderung ke arah barat laut, dan selain itu juga posisi hiposenter menyebar ke arah tenggara, sedangkan kedalaman sumber gempa umumnya berada pada kedalaman 100 – 5000 m di bawah kubah lava. Pada kedalaman

6000 – 8000 m juga terdapat sedikit titik-titik gempa. Zona aseismik berada pada kedalaman > 8000 m di bawah kubah lava, zona ini di asosiasikan sebagai daerah kantung magma.

Penentuan Lokasi Pergerakan Magma

Gejala awal letusan gunungapi didahului oleh meningkatnya aktivitas vulkanik dilihat dari munculnya gempa vulkanik dalam jumlah yang cukup banyak diikuti oleh terekamnya gempa vulkanik dangkal, hal ini diindikasikan bahwa adanya pergerakan magma yang berangkat dari kantung bergerak keatas.

Dari hasil yang diperoleh diketahui bahwa sebaran episenter Gunung Soputan Mei 2013 – Mei 2014 cenderung terkonsentrasi pada daerah tenggara - barat laut yang kemudian dapat diartikan sebagai daerah variasi zona lemah daerah seismik vulkanik Gunung Soputan, pada daerah timur sedikit ditemukan adanya gempa vulkanik hal ini dikarenakan gempa yang diakibatkan oleh magma hanya terjadi pada daerah dinding yang terjadi kontak langsung antara magma dengan batuan. Batuan yang berada di sebelah timur kubah lava sangat keras sehingga sulit dapat diterobos oleh magma.

Berdasarkan distribusi hiposenter Mei 2013 – Mei 2014, magma yang awalnya berada pada kedalaman > 8 km atau berada dalam kantung magma menerobos naik melewati lapisan batuan, hal ini dibuktikan dengan data hasil penentuan hiposenter seperti yang terlihat pada gambar diatas. Gempa VA yang cukup banyak terlihat pada kedalaman 1 – 7 km di bawah permukaan laut kemudian diikuti oleh munculnya gempa VB pada kedalaman 126 m di bawah kubah lava sampai 996 m di bawah permukaan laut. Daerah sebelah timur merupakan daerah yang sulit untuk ditembus oleh magma karena batuan yang ada di daerah tersebut sangat keras, namun munculnya titik – titik gempa di daerah tersebut mengindikasikan bahwa magma mencoba untuk menerobos batuan yang keras tersebut atau dapat diartikan magma bergerak mencari titik keluar atau titik letusan yang baru. Magma yang mampu menerobos batuan yang keras tersebut diduga memiliki energi yang cukup besar untuk menghancurkan batuan – batuan yang ada di daerah Timur gunung Soputan namun tidak

mampu untuk menerobos batuan penutup pada daerah timur Gunung Soputan, hal ini disebabkan karena energi yang ada masih belum cukup untuk membuat magma keluar ke permukaan. Pada umumnya dari hasil penentuan hiposenter, didapatkan posisi hiposenter berubah – ubah dan semakin dekat dengan kawah puncak/kubah lava. Hal ini diindikasikan bahwa magma bergerak menuju kawah puncak/kubah lava atau terjadinya pergerakan magma ke permukaan.

Mitigasi Bencana Gunung Api Soputan

Menurut catatan sejarah aktivitas letusan Soputan umumnya bersifat eksplosif dengan pusat kegiatan di puncak. Tercatat beberapa kejadian aliran lava, awan panas dan pertumbuhan kubah lava. Pada saat ini Gunung Soputan memiliki endapan abu di lereng sebelah timur dan tenggara, apabila terjadi hujan lebat akan mengakibatkan aliran lahar. Potensi bahaya lainnya adalah guguran lava yang masih sering terjadi disekitar tubuh Gunung api, umumnya guguran terjadi dibagian utara. Yang harus diwaspadai selanjutnya adalah jika terjadi guguran kubah lava yang diikuti awan panas guguran kearah Silian, karena bukaan kawahnya menuju ke daerah tersebut.

Sehubungan dengan meningkatnya aktivitas Gunung Soputan maka dilakukan mitigasi bencana sebagai berikut:

1. Pemantauan aktivitas Gunung api dilakukan 24 jam menggunakan alat pencatat gempa (seismograf)
2. Pemetaan dilakukan berdasarkan Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi
3. Penyelidikan Gunung api menggunakan metode Geologi, Geofisika dan Geokimia.
4. Petugas melaksanakan sosialisasi kepada pemerintah daerah dan masyarakat yang tinggal disekitar Gunungapi Soputan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan didapatkan bahwa distribusi hiposenter gempa vulkanik Gunung Soputan bulan Mei 2013 – Mei 2014 menyebar disekitar kawah puncak/ kubah lava dan cenderung ke arah barat laut, dengan kedalaman 100 m – 8000 m dibawah kubah

lava. Posisi hiposenter berubah - ubah dan semakin dekat dengan kawah puncak/kubah lava, mengindikasikan adanya migrasi/pergerakan magma kearah kubah lava dalam tubuh Gunung Soputan, hal tersebut terjadi karena magma bergerak dari kedalaman 8 km menuju kedalaman 126 m di bawah kubah lava.

SARAN

Saran untuk penelitian sejenis pada masa mendatang perlu di lakukan analisis data gempa vulkanik sebelumnya untuk mengetahui perkembangan pergerakan magma berdasarkan letak hiposentrum Gunung Soputan.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki,A., Rosadi,U., Supriatman,I., Santoso,B., Sitinjak,P., Suhyatna,E., Sutisna,A., dan Suyanti,S., Laporan Pengamatan Terpadu Gunungapi Soputan, Sulawesi Utara, Juni 2007, PVMBG.
- Basid,A., dan Rosmiyatin., Penentuan Hiposenter Gunung Api Merapi Berdasarkan Data Gempa Tahun 2006. Jurnal Neutrino Vol.4. No.2. April 2012.
- Haerani,N., dan Wittiri,S., Gempa Mikro sebagai Indikasi Ambblasnya Kawah Tompaluan, Gunung Lokon, Sulawesi Utara. Jurnal Lingkungan Hidup dan Badan Geologi, Vol 1 No 1 april 2010.
- Kristianto dan Solihin,A., Laporan dan Kajian Vulkanisme Gunung Lokon, Desember,2007, PVMBG.
- Lee, W.H.K dan Stewart, S.W. 1981. Principle and Application of Microearthquake Network. USGS. California.
- Tjia, O. M. 1993. *Gelombang*. Bandung: Jurusan Fisika FMIPA ITB.